



武汉大学

GPS PPK动态测量及数据处理

第五章、GPS PPK数据处理

主讲:魏二虎

报告地址

武汉大学测绘学院

2007年11月21日, 武汉



测绘学院

2007年11月20日星期二

1/29



主要内容

第一章、GPS技术概述

第二章、GPS伪距测量定位方法

第三章、GPS精密定位方法

第四章、GPS PPK精密定位

第五章、GPS PPK数据处理

第六章、GPS PPK软件和技术发展



第五章、GPS PPK数据处理



§ 5.1 数据预处理

§ 5.2 坐标系统

§ 5.3 基线处理

§ 5.4 网平差

§ 5.5 结果输出



§ 5.1 数据预处理



1、从接收机下载数据

- 下载基准站接收机数据，注意起始和结束观测时间
- 下载流动站接收机数据，注意起始和结束观测时间。





2、将数据转换为RINEX格式

- 检查点名、天线高，时间间隔，时段
- 有利于用各种软件进行数据处理
- TGO可以将PPK数据成功转换成Rinex各式的动态数据。

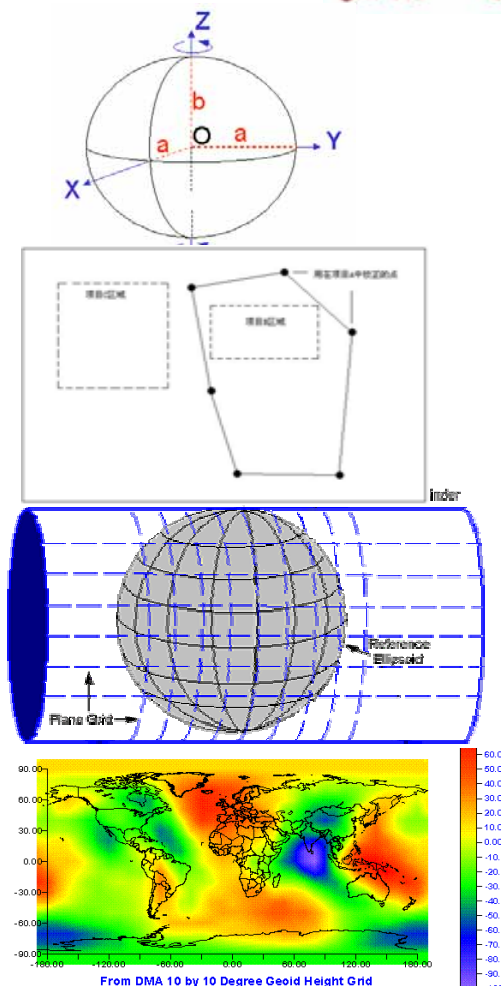
文件头	2.10	N: GPS NAV DATA	RINEX VERSION / TYPE
	XXRINEXN V2.10	AIUB	3-SEP-99 15:22 PGM / RUN BY / DATE
文件体	EXAMPLE OF VERSION 2.10 FORMAT	COMMENT	
	.1676D-07 .2235D-07 -.1192D-06 -.1192D-06	ION ALPHA	
文件体	.1208D+06 .1310D+06 -.1310D+06 -.1966D+06	ION BETA	
	.133179128170D-06 .107469588780D-12 552960	1025 DELTA-UTC: A0,A1,T,W	
文件体	13	LEAP SECONDS	
		END OF HEADER	
文件体	6 99 9 2 17 51 44.0	-839701388031D-03 -.165982783074D-10	.000000000000D+00
	.910000000000D+02	.934062500000D+02 .116040547840D-08	.162092304801D+00
文件体	.484101474285D-05	.626740418375D-02 .652112066746D-05	.515365489006D+04
	.409904000000D+06	-.242143869400D-07 .329237003460D+00	-.596046447754D-07
文件体	.111541663136D+01	.326593750000D+03 .206958726335D+01	-.638312302555D-08
	.307155651409D-09	.000000000000D+00 .102500000000D+04	.000000000000D+00
文件体	.000000000000D+00	.000000000000D+00 .000000000000D+00	.910000000000D+02
	.406800000000D+06	.000000000000D+00	
文件体	13 99 9 2 19 0 0.0	.490025617182D-03 .204636307899D-11	.000000000000D+00
	.133000000000D+03	-.963125000000D+02 .146970407622D-08	.292961152146D+01
文件体	-.498816370964D-05	.200239347760D-02 .928156077862D-05	.515328476143D+04
	.414000000000D+06	-.279396772385D-07 .243031939942D+01	-.558793544769D-07
文件体	.110192796930D+01	.271187500000D+03 -.232757915425D+01	-.619632953057D-08
	-.785747015231D-11	.000000000000D+00 .102500000000D+04	.000000000000D+00
文件体	.000000000000D+00	.000000000000D+00 .000000000000D+00	.389000000000D+03
	.410400000000D+06	.000000000000D+00	



§ 5.2 坐标系统

一、国家坐标系统

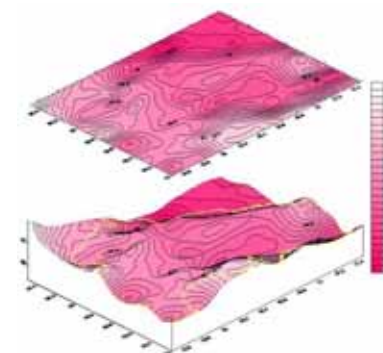
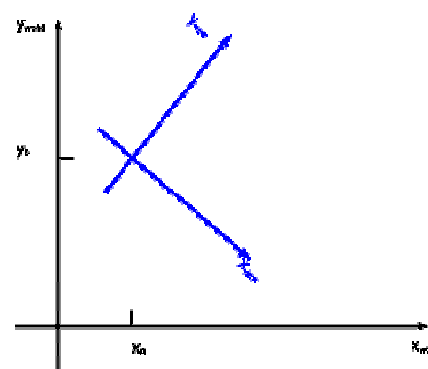
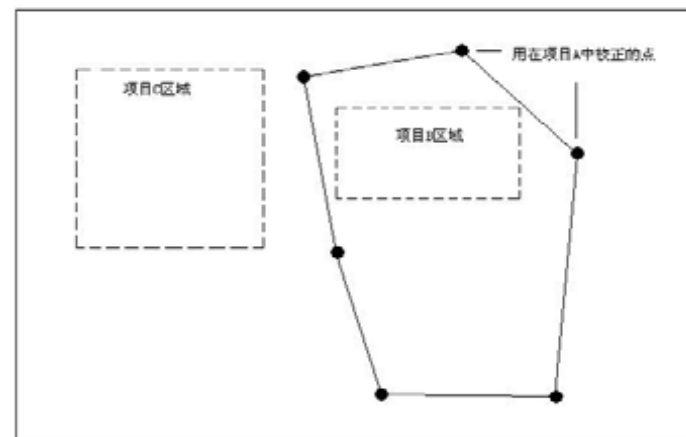
- 国家或地区参考椭球
 - a 、 f
- WGS84-国家坐标系统的转换参数
 - 三参数，七参数等
- 高斯投影
 - 中央子午线经度，投影比例
- 高程
 - 选择大地水准面模型
(OSU91A, EGM96)





二、独立坐标系统

- 通过**控制测量**或**PPK测量**控制点的**WGS84坐标**
- 输入**控制点的独立坐标系统**的坐标（**平面坐标**，**高程**）
- **平面**：由TGO软件求出四参数（**dx, dy**, , ）
- **高程**：由TGO软件求出**高程转换**的模型**参数**





§ 5.3 数据处理

一、每台接收机观测数据的参数设置

1、卫星高度角：5-15度

2、卫星星历：

- 广播星历（200公里内）

- 观测星历文件

- 精密星历：

- 通过IGS网站下载1周前的精密星历。





武汉大学

一、每台接收机观测数据的参数设置

3、双频接收机两种频率的组合方式选择: $n, m = n \quad 1+m \quad 2$

1) 宽巷 (Wide lane) 观测值

*利于求解模糊度,测量噪声大.

$$\varphi_{wide-lane} = \varphi_{L1} - \varphi_{L2}$$

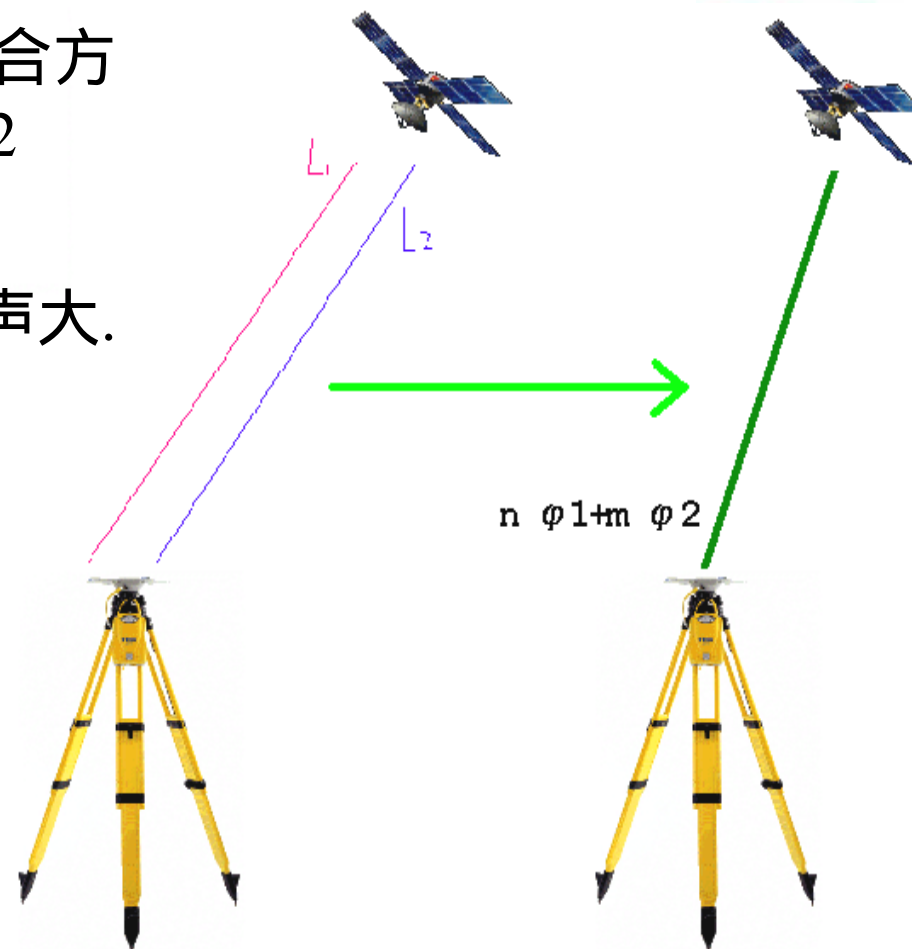
$$f_{wide-lane} = f_{L1} - f_{L2} = 347.82 \text{ MHz}$$

$$\lambda_{wide-lane} = \frac{c}{f_{wide-lane}} = 86.19 \text{ cm}$$

$$N_{wide-lane} = N_{L1} - N_{L2}$$

$$\delta\varphi_{wide-lane} = -A \cdot \frac{f_{L2} - f_{L1}}{f_{L1} \cdot f_{L2}}$$

$$\sigma_{\rho_{wide-lane}} = 121.9 \text{ cm} \cdot \sigma_{\varphi}$$



测绘学院

2007年11月20日星期二

9/29

3、双频接收机两种频率的组合方式



2) 窄巷 (Narrow lane) 观测值
不利于求解模糊度, 测量噪声小

$$\varphi_{\text{narrow-lane}} = \varphi_{L1} + \varphi_{L2}$$

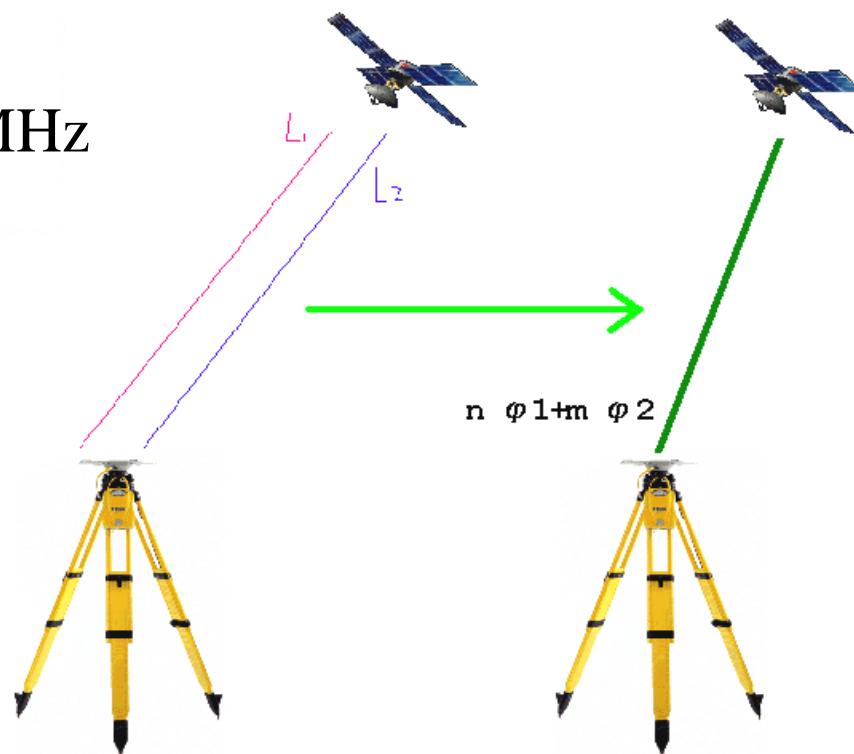
$$f_{\text{narrow-lane}} = f_{L1} + f_{L2} = 2803.02\text{MHz}$$

$$\lambda_{\text{narrow-lane}} = \frac{c}{f_{\text{narrow-lane}}} = 10.70\text{cm}$$

$$N_{\text{narrow-lane}} = N_{L1} + N_{L2}$$

$$\delta\varphi_{\text{narrow-lane}} = -A \cdot \frac{f_{L2} + f_{L1}}{f_{L1} \cdot f_{L2}}$$

$$\sigma_{\rho_{\text{narrow-lane}}} = 15.13\text{cm} \cdot \sigma_{\varphi}$$





3、双频接收机两种频率的组合方式

3) 无电离层折射的观测量:

* 消除电离层折射

$$\begin{aligned}\varphi_{iono-free} &= \frac{f_{L1}^2}{f_{L1}^2 - f_{L2}^2} \varphi_{L1} - \frac{f_{L1} \cdot f_{L2}}{f_{L1}^2 - f_{L2}^2} \varphi_{L2} \\ &= 2.54573 \cdot \varphi_{L1} - 1.98368 \cdot \varphi_{L2}\end{aligned}$$

$$\delta\varphi_{iono-free} = -A \cdot \frac{\frac{f_{L1}^2}{f_{L1}^2 - f_{L2}^2} \cdot f_{L2} - \frac{f_{L1} \cdot f_{L2}}{f_{L1}^2 - f_{L2}^2} \cdot f_{L1}}{f_{L1} \cdot f_{L2}} = 0$$





3、双频接收机两种频率的组合方式

$$\varphi_{a_{L1}, a_{L2}} = a_{L1} \cdot \varphi_{L1} + a_{L2} \cdot \varphi_{L2}$$

组合观测值	a_{L1}	a_{L2}	$\lambda_{a_{L1}, a_{L2}}$ (m)	与 L1 载波电离层 折射延迟的比值 ¹ (相位/距离) ²	与 L1 载波噪声 水平 ³ 的比值 (相位/距离) ⁴	备注
L1	1	0	0.1903	1.0000/1.0000	1.0000/1.0000	原始 L ₁ 信号
L2	0	1	0.2442	1.2833/1.6469	1.0000/1.2833	原始 L ₂ 信号
L _{iono-free}	1	$-f_{L2}/f_{L1}$	0.4844	0.0000/0.0000	1.2677/3.2273	无电离层折射延迟 的组合, 模糊度为实 数
L _{wide-lane}	1	-1	0.8619	-0.2833/-1.2833	1.4142/6.4056	宽巷组合
L _{narrow-lane}	1	1	0.1070	2.2833/1.2833	1.4142/0.7948	窄巷组合
L _{geometry-free}	λ_{L1}	$-\lambda_{L2}$	∞	-0.1231/-0.6469 ⁵	0.3096/1.6269 ⁶	无几何关系组合

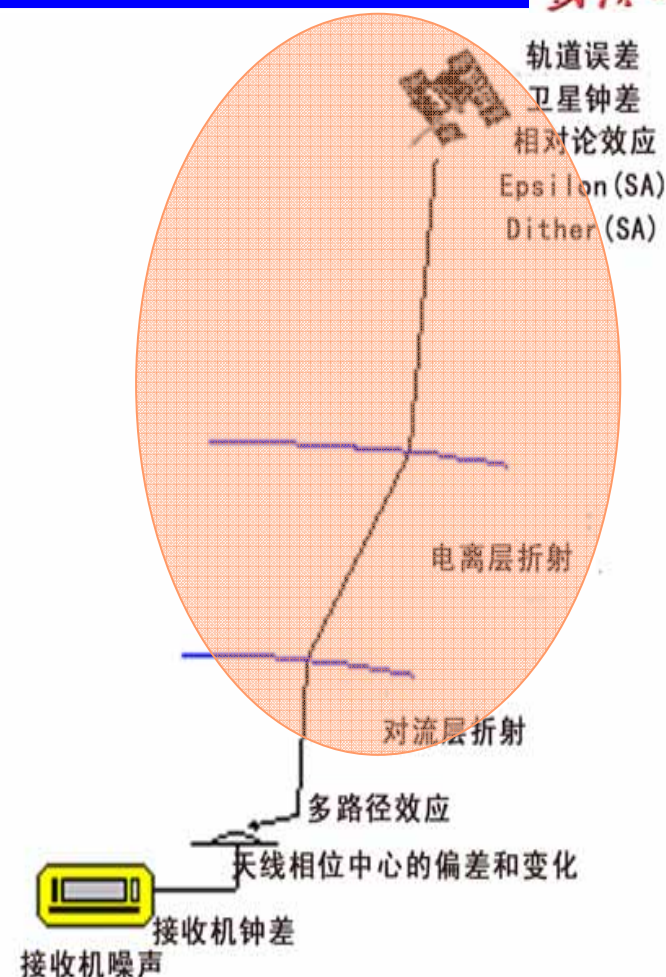




武汉大学

4、其他系统误差的模型改正

- 1) 卫星钟误差的模型修正
 - 卫星导航信息中的时钟改正参数
- 2) 电离层折射模型改正
 - 单频仪器使用卫星导航信息中的Klobuchar模型改正参数
 - 双频仪器选择电离层组合。
- 3) 对流层可以选择模型
 - Hopfield改正模型
 - Saastamoinen改正模型
 - Black改正模型
- 4) 相对论模型、卫星轨道摄动模型改正。





二、两台接收机观测数据的线性组合

1、目的

消除系统误差模型改正的残余误差

2、组合方式

- 单差分
- 双差分
- 三差分



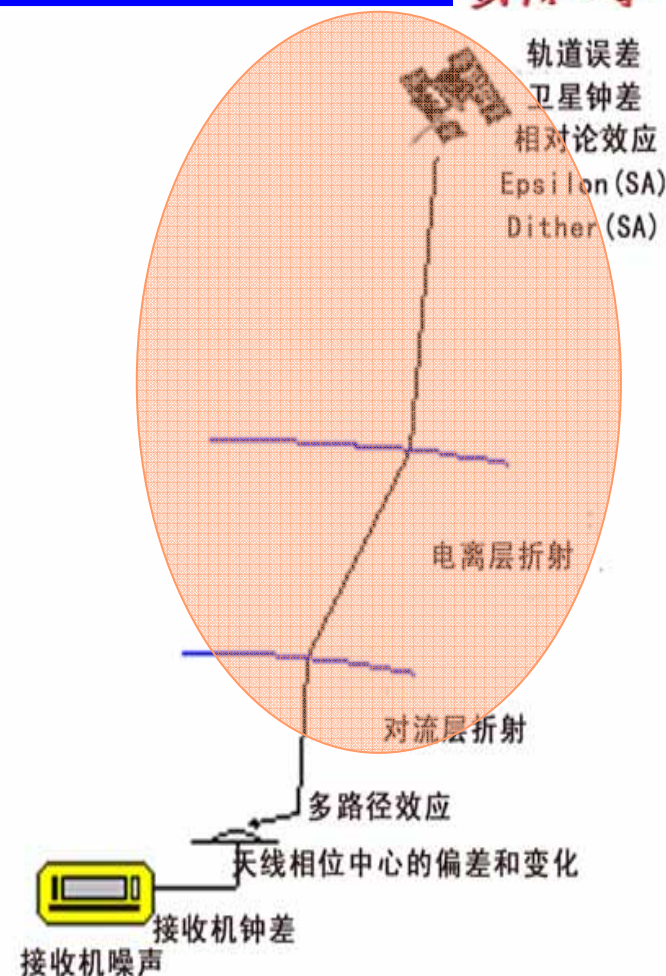
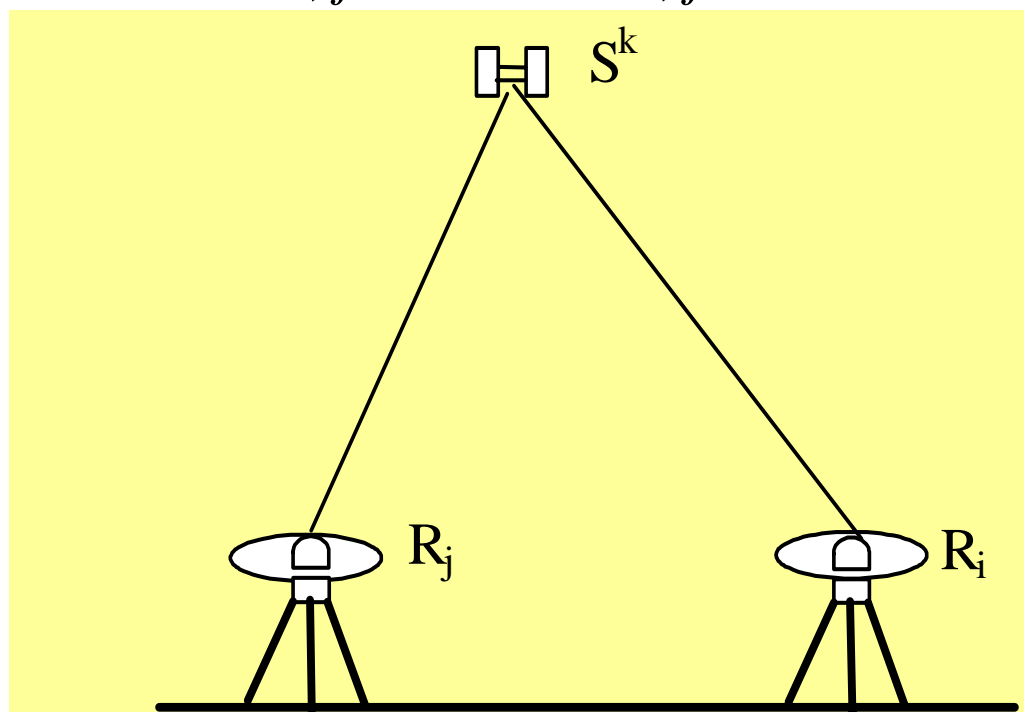


武汉大学

2、组合方式

1) 单差：站间差分

$$\Delta \phi_{i,j}^k(t) = \phi_{i,j}^k(t)$$



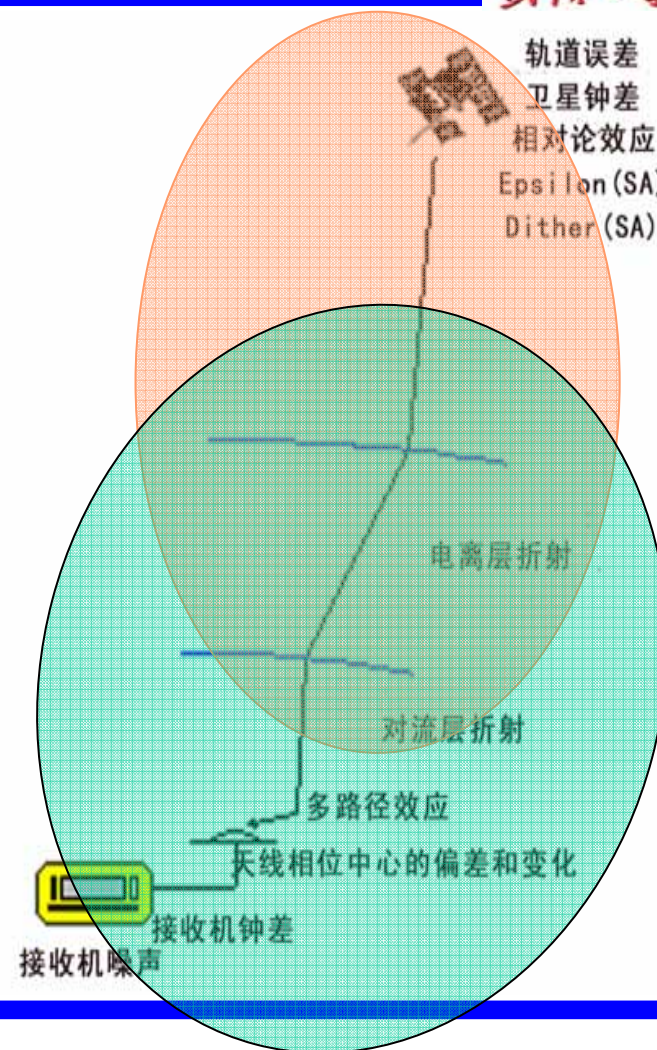
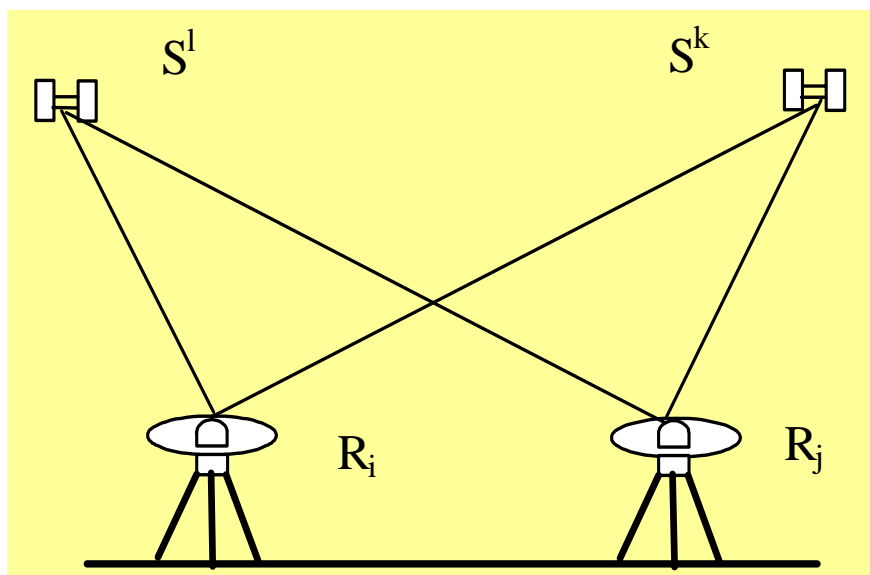


武汉大学

2、组合方式

2) 站间、星间双差

$$\nabla \Delta \phi_{i,j}^{k,l}(t) = \Delta \phi_{i,j}^l(t) - \Delta \phi_{i,j}^k(t)$$

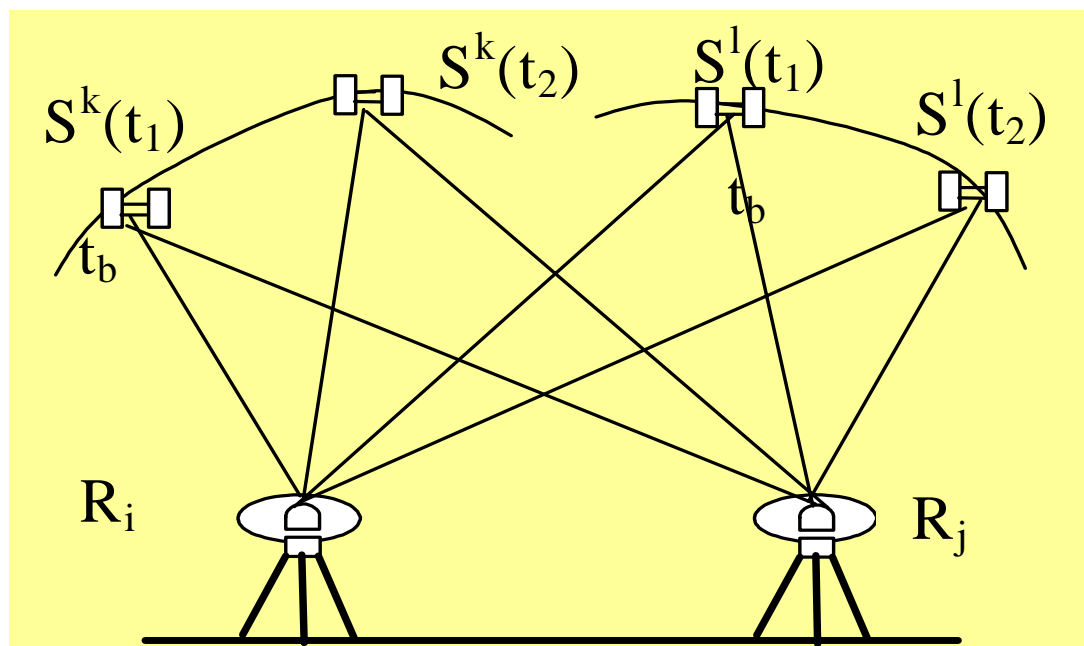




2、组合方式

3) 站间、星间、历元间三差：消除整周模糊度

$$\Delta \nabla \Delta \phi_{i,j}^{k,l}(t_1, t_2) = \nabla \Delta \phi_{i,j}^{k,l}(t_2) - \nabla \Delta \phi_{i,j}^{k,l}(t_1)$$

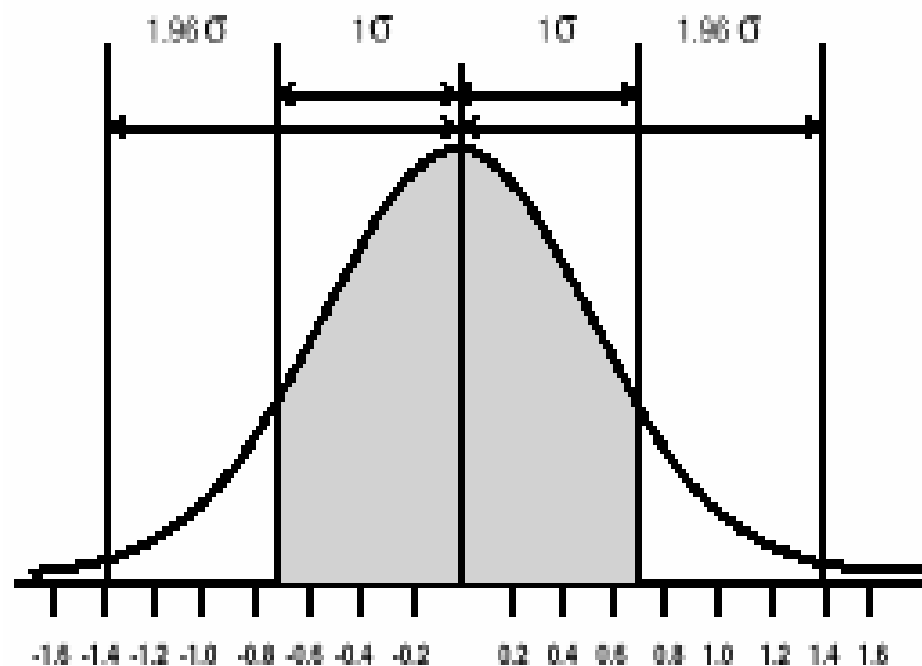




三、观测数据量取舍

- 调整参数：
 - 乘法编辑器 (TGO)
 - Editor(Ashtech Solution)
- 意义：
 - 选择1, 2或3
 - 表示选择观测残差小于1、2或3倍的均方根误差(RMS)的观测值。
 - 选择1, 2或3时, 表示选择了66%, 95%或99%的观测量。

$$RMS = \sqrt{\frac{v^T v}{n-1}}$$





三、PPK数据处理精度指标

1、RMS

$$RMS = \sqrt{\frac{v^T v}{n-1}}$$

2、Ratio = 次最小/ 最小

3、参考因子：单位权中误差

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{v^T P v}{n-l}}$$

	标记	失败	标记	失败
<input checked="" type="checkbox"/> 如果 RMS >	0.03	0.04	0.02	0.03
<input checked="" type="checkbox"/> 如果比率 (A) <	3	1.5	3	1.5
<input checked="" type="checkbox"/> 如果参考因子 (F) >	10	20	5	10





四、基线质量分析和检验

1、每一条基线的检验

- 模糊度的可靠指标Ratio：短边绝对值3，或相对值为95%；长边应降低要求。
- 基线处理前后参考因子的比较：越小越好接近1， <10 , $<<20$
- 反映观测值质量的均方根误差RMS
- 残差分析：载波相位残差图（应单频\双频分别在0.02米\0.04米之内），分析残余误差类型。





四、基线质量分析和检验

2、基线间检验

- 同步环闭和差 $3/5 \sigma_0$
- 异步环闭和差 $2 \cdot (3 \cdot n)^{0.5} \sigma_0$
- 重复基线较差 $2 \cdot 2^{0.5} \sigma_0$

σ_0 是测量规范规定的等级相对精度。



四、基线处理参数调整和再处理



武汉大学

1、调整参数:

– 选择数据量 :

调整乘法编辑器 (Editor) = 2~3

– 调整卫星高度角取 (5-20)

2、处理不过关的基线 :

– 选择时段 (删除误差大的时段)

– 卫星取舍 (尽量不要删除卫星)

– 参考卫星的选择





§ 5.4 PPK基线网平差

1、概念

以GPS PPK基线向量为观测值，以其方差阵之逆为权，进行计算求定各GPS网点的坐标并进行精度评定。

2、分类：

- 无约束平差：只约束一个点坐标。
- 约束平差：约束条件多于两个点坐标的参数，如还有其它已知点坐标或边长、方位角等。





一、三维无约束平差

1、观测量范围选择

- 1 × : 68%的观测量
- 2 × : 96%的观测量
- 3 × : 99%的观测量

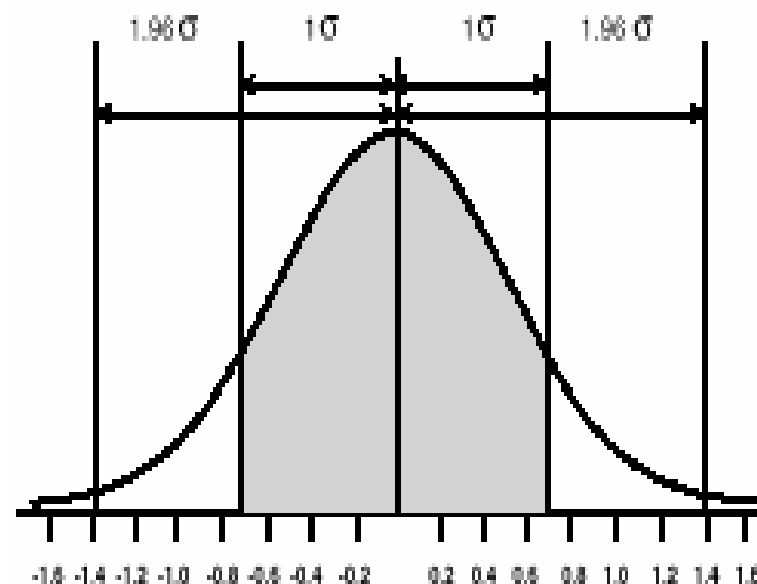
$$\sigma = \sqrt{\frac{v^T P v}{n - l}}$$

2、坐标系统：同卫星星历

- WGS84
- ITRS

3、目的

- 检查网本身的内符合精度
- 基线之间有无明显系统差和粗差
- 提供大地高数据。





一、三维无约束平差

4、精度评定：

- 单位权中误差(参考因子)
 - $\sigma_0 = (\text{VPV} / (3m - 3(n - 1)))^{0.5}$ ；应取值在1左右。
- 基线向量改正数绝对值满足：
 - V_x 3倍的 M_X 中误差（或TGO提供的指标）
 - V_y 3倍的 M_Y 中误差（或TGO提供的指标）
 - V_z 3倍的 M_Z 中误差（或TGO提供的指标）
- 比例误差 测量规范要求





二、三维约束平差

1、观测量范围选择

- $1 \times$: 68%的观测量
- $2 \times$: 96%的观测量
- $3 \times$: 99%的观测量

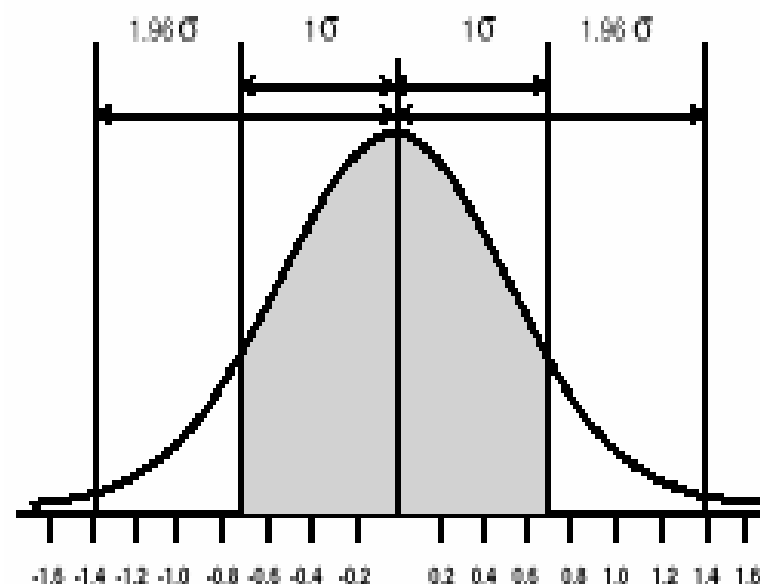
$$\sigma = \sqrt{\frac{v^T P v}{n - l}}$$

2、坐标系统

地方椭球坐标系或平面坐标系，海拔高程。

3、目的

提供三维大地坐标，或平面坐标及海拔高。





二、三维约束平差

4、精度评定：

- 单位权中误差(参考因子)
 - $\sigma_0 = (VPV / (3m - 3(n - 1)))^{0.5}$ ；应取值在1左右。
- 基线向量改正数绝对值满足：
 - V_x 2倍的 M_x 中误差（或TGO提供的指标）
 - V_y 2倍的 M_y 中误差（或TGO提供的指标）
 - V_z 2倍的 M_z 中误差（或TGO提供的指标）
- 比例误差(误差/基线长) 测量规范要求





三、平差精度评定和处理

- 1、平差失败的表现：下面任一项或多项没有满足
 - 参考因子应取值在1左右。
 - 基线向量改正数绝对值满足：
 - V_x 2或3倍的 M_x 中误差
 - V_y 2或3倍的 M_y 中误差
 - V_z 2或3倍的 M_z 中误差
 - 比例误差 测量规范要求
- 2、调整参数：
 - 取舍相应的基线，或再作基线处理，基线个数不能少于独立基线个数
 - 调整权（尺度Scale）：先验精度
 - 参与平差的观测值范围选择：1, 2, 3





§ 5.5 PPK定位结果输出

一、基线解输出

在TGO 软件中选择附加报告，选择坐标、精度输出。

二、网平差结果输出

将网平差结果输出。

